International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)
Peer-Reviewed Journal
ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)
Vol-10, Issue-1; Jan, 2023
Journal Home Page Available: https://ijaers.com/
Article DOI: https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.101.1

Photosynthetic efficiency in species with C3 and C4 metabolisms

Eficiência fotossintética em espécies dos metabolismos C3 e C4

Benjamim Pereira da Costa Neto

Pós-graduado em Biologia Vegetal e Biodiversidade; Biólogo; Assessor Técnico da Rede das Escolas Famílias Agrícolas Integradas do Semiárido (REFAISA).

Received: 28 Nov 2022,
Receive in revised form: 22 Dec 2022,
Accepted: 28 Dec 2022,
Available online: 10 Jan 2023

***Keywords*— Energy balance, Photosynthesis, Thermodynamics.**

***Palavras-chave*— Balanço energético, Fotossíntese, Termodinâmica.**

***Abstract*—** *Beans and corn are very important crops in terms of human nutrition worldwide, however each of them has its particularities, especially in the characteristics of photosynthetic metabolism (energy production), which are C3 and C4, respectively. According to studies in the field of physiology of higher plants, the C4 metabolism is an evolution of the C3 metabolism, being, according to the literature, more efficient from the photosynthetic point of view. The present work was based on the following question: In fact, is C4 metabolism more efficient than C3 from the point of view of energy production?. Thus, this work aimed to quantify and compare the photosynthetic potential of species with C3 and C4 metabolisms. The results of this study, therefore, pointed to C3 metabolism as the major energy producer in the photosynthetic process. On the other hand, it considered that the relationship between the energy produced and the energy stored in grains was higher in the C4 metabolism culture, that can change from species to species.*

***Resumo*—** *O feijão e o milho são culturas muito importantes no tocante à alimentação humana em todo o mundo, no entanto cada uma delas possui suas particularidades, sobretudo, nas características de metabolismo fotossintético (produção de energia), que são C3 e C4, respectivamente. De acordo com estudos no campo da fisiologia de vegetais superiores, o metabolismo C4 se constitui como uma evolução do metabolismo C3, sendo, de acordo com a literatura, mais eficiente do ponto de vista fotossintético. O presente trabalho se deu a partir do seguinte questionamento: De fato o metabolismo C4 é mais eficiente que o C3 de ponto de vista de produção de energia?. Assim, esse trabalho objetivou quantificar e comparar o potencial fotossintético de espécies dos metabolismos C3 e C4. Os resultados desse estudo, apontaram, portanto, para o metabolismo C3 como maior produtor de energia no processo fotossintético. Por outro lado, considerou que a relação entre a energia produzida e a energia armazenada em grãos foi maior na cultura de metabolismo C4, que pode mudar de espécie para espécie.*

I. INTRODUÇÃO

O feijão (Phaseolus vulgaris L.) e o milho (Zea mays L.) são caracterizadas por sua importância a nível global, sendo o Brasil o maior produtor e consumidor da primeira cultura com produção média em 2012/2013 de 2.806.300 toneladas (Pereira et al., 2014), e a segunda se apresenta como o grão mais cultivado no mundo com cerca de 968 milhões de toneladas em 2016 (Souza et al., 2018).

No que diz respeito ao metabolismo fotossintético, ambas as culturas possuem características distintas, onde o feijão possui metabolismo C3 (Tavares et al., 2013) e o milho C4 (Bergamaschi & Matzenauer, 2014; Maciel et al., 2004). De acordo com a literatura, o metabolismo C3 é mais antigo que o C4, onde o segundo surge como uma evolução do primeiro para compensar as limitações relacionadas a baixos níveis de CO2 na atmosfera, cabendo ressaltar que boa parte dos vegetais mais produtivos fazem uso desse mecanismo para potencializar a atividade da rubisco (Taiz et al., 2017), em outras palavras, a fotossíntese C4 é mais eficiente na captação de CO2 que a C3, que por sua vez aumenta a capacidade fotossintética das espécies que possuem esse mecanismo adaptativo, porém, a luz de resultados em torno de balanço de carbono.

Assim, o presente estudo objetivou comparar as capacidades de produção de energia, através da fotossíntese - por meio das entalpias das ligações químicas - dos metabolismos C3 e C4, para que seja possível ter clareza de qual mecanismo é de fato mais eficiente fotossinteticamente.

II. METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, foram tomadas como modelo de metabolismo C3 (met.C3) e C4 (met.C4) as culturas de feijão (Phaseolus vulgaris L.) e milho (Zea mays L.), respectivamente. O estudo foi orientado pela pergunta: Realmente o met.C4 é mais eficiente do ponto de vista de produção de energia que o met.C3?. Os dados científicos que deram suportem à realização dos cálculos para a compreensão geral do estudo, foram obtidos através de pesquisas realizadas e publicadas por outros autores no campo da fisiologia da produção e metabolismo vegetal.

III. DESENVOLVIMENTO

Considerando um espaçamento de 15 cm entre plantas e 50 cm entre linhas, um hectare (ha) de feijão possui um total de 13.333 plantas. Um ha de feijão em 2010 chegou a produção de 884 kg/ha (Silveira et al., 2015), logo uma planta de feijão produz ~66g de grãos.

100g Feijão verde possui cerca de 31 calorias (3% gordura, 77% carboidrato, 20% proteína) (internet). Assim, (0,31 x 66), são armazenadas em seus grãos um total de 20,46 calorias, aproximadamente 0,1 KJ.

Para que se produza satisfatoriamente, uma planta de feijão necessita de em média 400 litros de água durante seu ciclo (Arf et al., 2004).

Aproximadamente 1% do que as plantas absorvem pelas raízes é utilizado na fotossíntese e em outras reações metabólicas (Taiz e Zeiger, 2013).

Logo, 1% de 400 litros = 4 litros de água utilizados nos processos metabólicos do feijão. Se considerar que a fotossíntese utiliza algo em torno de 25% desse total, chega-se a um total de 1 litro de água utilizado no metabolismo fotossintético do feijão.

Quantidade de moléculas de H2O em 1 litro de água:

$3{,}34.10^{25}$ = 33.400.000.000.000.000.000.000.000 moléculas

Dados:

Densidade da agua = 1 g/mL

Volume de agua = 1 L = 1000 mL

Massa Molar da agua = 18 g/ mol

Número de Avogadro = $6{,}02 \times 10^{23}$ moléculas / mol

Cálculos:

Massa de água = densidade x volume = 1 g/ mL x 1000 mL

Massa de água = 1000 g

Mols de H2O em 1 litro - Regra de 3

1 mol ------ 18 gramas

X mol ------ 1000 gramas

X = 1000 / 18 = 55,56 mols

Número de moléculas de H2O em 1 litro - Regra de 3

1 mol ----- $6{,}02 \times 10^{23}$ moléculas

55,56 mol ----- Y moléculas

$Y = 55{,}56 \times 6{,}02 \times 10^{23} = 334 \times 10^{23} = 3{,}34 \times 10^{25}$

Duas moléculas de H2O gera em média 2 $NADPH_2$ e 3 ATP´s. A energia presente em uma molécula de $NAPH_2$ corresponde a 3 ATP´s, portanto duas moléculas de H2O produz um total de 9 ATP´s (Taiz & Zeiger, 2013; Taiz et al., 2017).

Portanto, as moléculas de ATP formadas a partir de 1 litro de água são:

$3{,}34.10^{25}/2 = 1{,}67.10^{25} \times 9 = 15{,}03.10^{25}$ ou 150.300.000.000.000.000.000.000.000 moléculas

No met.C3 são necessárias 18 ATP´s e 12 $NADPH_2$ para formar uma molécula de glicose, assim sendo, será exigida uma energia igual a 54 ATP´s para cada molécula de glicose formada (Taiz & Zeiger, 2013; Taiz et al., 2017).

Logo, de toda a energia produzida a partir de 1 litro de água serão formadas:

$150{,}3.10^{24} / 54 = 2{,}78.10^{24}$ ou 2.780.000.000.000.000.000.000.000 moléculas de glicose durante todo o ciclo do feijão.

Considerando as entalpias das ligações químicas, uma molécula de glicose possui cerca de 9.481 KJ/mol

Logo, uma planta de feijão chega a produzir em seu ciclo:

$2{,}78.10^{24}$ x 9.481 kj = $26.357{,}18.10^{24}$ KJ

De acordo com Neto (2022) - utilizando o mesmo volume de água - o milho (met.C4) produz em um ciclo cerca de $21.521{,}87.10^{24}$ KJ de energia e armazena em seus grãos um valor próximo de 119,16 calorias, aproximadamente 0,5 KJ.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo os resultados de produção total de energia fotossintética, em geral, pôde-se notar que o feijão (met.C3) produz mais que o milho (met.C4) durante o ciclo. Por outro lado, quando se observa o percentual de energia armazenada nos grãos (principal órgão de reserva) em relação a energia produzida, percebe-se que o milho armazena um maior percentual, tornando – se, portanto, mais eficiente que o feijão do ponto de vista de balanço energético, no entanto, isso pode mudar de espécie em espécie. Logo, se for considerar a energia total produzida, é necessário rever a ideia de que o metabolismo C4 é mais eficaz que o C3 a luz de suas capacidades fotossintéticas, que por sua vez é determinado na literatura por meio de balanço de carbono e não por produção de energia que é o principal produto da fotossíntese.

REFERÊNCIAS

[1] Arf, O., Rodrigues, R. A. F., Sá, M. E. de, Buzetti, S., & Nascimento, V. do. (2004). Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, *39*(2), 131–138.

[2] Bergamaschi, H., & Matzenauer, R. (2014). *O Milho e o Clima* (Emater/RS-Ascar (ed.)).

[3] Maciel, A. D., Arf, O., Silva, M. G. da, Marco, Sá, E. de, Buzetti, S., Andrade, J. A. da C., Evaristo, & Sobrinho, B. (2004). Comportamento do milho consorciado com feijão em sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, *26*(3), 309–314.

[4] Neto, B. P. da C. (2022). Energy balance in maize (Zea mays L .). *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, *9*(12), 103–105.

[5] Pereira, V. G. C., Gris, D. J., Marangoni, T., Frigo, J. P., Azevedo, K. D. de, & Grzesiuck, A. E. (2014). Exigências agroclimáticas para a cultura do Feijão (Phaseolus vulgaris L.). *Revista Brasileira de Energias Renováveis Exigências*, *3*, 32–42.

[6] Silveira, M. A., Teixeira, S. M., Wander, A. E., & Campos, W. P. (2015). Sistemas de Plantio Direto e Convencional no Município de Água Fria de Goiás (GO). *Conjutura Econômica de Goiania*, *32*, 63–76.

[7] Souza, A. E. de, Reis, J. G. M. dos, Raymund, J. C., & Pinto, R. S. (2018). Estudo da produção do milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. *South American Development Society Journal*, *04*(11), 182–194.

[8] Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia vegetal* (5th ed.). Artmed.

[9] Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. In *Biochemical Education* (6th ed.). Artmed.

[10] Tavares, C. J., Jakelaitis, A., Rezende, B. P. M., & Cunha, P. C. R. da. (2013). Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do feijão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, *8*(1), 27–32.